

# Pemanfaatan Sampah Makanan Menjadi Bahan Bakar Alternatif dengan Metode *Biodrying*

Nurul Fadlilah dan Gogh Yudidianto

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail*: gogh.youdihanto@enviro.its.ac.id

**Abstrak**—*Biodrying* adalah dekomposisi zat organik secara parsial dengan memanfaatkan panas yang dihasilkan oleh mikroorganisme dibantu aerasi. Zat organik dalam sampah makanan apabila tidak diolah, dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Padahal zat organik yang sebenarnya dapat dimanfaatkan sebagai energi atau SRF (*solid recovery fuel*). Penelitian diawali dengan penelitian pendahuluan untuk menentukan TDS (*total dry solid*). TDS berfungsi untuk menentukan debit udara. Setelah debit udara didapatkan, penelitian *biodrying* dimulai. Penelitian *biodrying* terdiri dari dua, pada penelitian pertama digunakan 4,8 kg sampel dengan debit udara 0,57 L/menit dan 1,13 L/menit. Penelitian kedua menggunakan 1,5 kg sampel dengan variasi debit udara 4 L/menit dan 7 L/menit. Temperatur tertinggi terdapat pada penelitian pertama yakni mencapai 40°C. Temperatur maksimum harusnya mencapai 60°C, sehingga dilanjutkan dengan penelitian kedua. Pada penelitian kedua suhu maksimum hanya mencapai 33oC, lebih rendah pada penelitian pertama. Pencapaian temperatur optimum dimaksudkan untuk membunuh bakteri patogen sehingga dihasilkan produk bahan bakar yang bersih. Berdasarkan waktu tinggal 14 hari, nilai kalor tertinggi material terdapat pada debit udara 7 L/menit didapatkan 4952 kal/gr sedangkan pada debit udara 4 L/menit didapatkan 4064 kal/gr.

**Kata Kunci**—*Biodrying*, TDS, sampah.

## I. PENDAHULUAN

JUMLAH penduduk yang semakin meningkat mengakibatkan jumlah sampah semakin bertambah. Sampah rumah tangga jenis organik *biodegradable* rata-rata akan terdegradasi dengan sendirinya selama beberapa tahun. Kandungan organik sampah domestik cukup tinggi, hal ini beresiko karena dapat mencemari sungai, air tanah dan udara jika tidak diolah dengan benar. Jika diperhatikan sebenarnya sampah dapat diolah menjadi energi alternatif dengan menggunakan metode *biodrying*.

Pada saat ini penumpukan sampah rumah tangga merupakan salah satu masalah yang sulit di tangani. Beberapa usaha yang telah berlangsung di TPA untuk mengurangi volume sampah seperti pengambilan oleh pemulung pada sampah yang dapat didaur ulang. Penanganan sampah yang mudah busuk telah dilakukan pengolahan dengan komposting. Namun usaha tersebut masih menyisakan sampah yang harus dikelola dan memerlukan biaya yang tinggi dan lahan luas. Penanganan residu sampah di TPA hingga saat ini masih menggunakan

pembakaran dan *open dumping*. Pembakaran biasanya dilakukan dengan insenerator atau pembakaran di tempat terbuka. Hal tersebut menimbulkan permasalahan baru bagi lingkungan, yaitu pencemaran tanah, air, dan udara

Sampah organik *biodegradable* membutuhkan waktu proses yang relatif lama untuk dapat kering secara alami, yaitu sekitar 30-50 hari dengan komposting. Penggunaan sampah sebagai bahan bakar mempunyai dua tujuan, pertama untuk mereduksi sampah yang akan masuk di *landfill* dan memberikan substansi energi bahan bakar fosil [3]. Metode *biodrying* adalah pengeringan secara biologis yang disertai dengan aerasi. Secara umum *drying* diartikan sebagai proses untuk mengurangi kandungan air dalam material.

Sampah memiliki nilai kalor yang cukup tinggi dengan LHV (*Lower Heating Value*) sekitar 3 – 6,7 MJ/kg. Metode pengeringan sampah kota secara biologis ini digunakan untuk mengurangi kadar air dalam sampah menggunakan bantuan aktifitas mikroba yang menghasilkan kalor hasil biodegradasi sampah tersebut.

Sistem aerasi mekanis limbah metode *biodrying* menyediakan massa dan energi aliran untuk penghilangan kandungan air dan distribusi perpindahan panas berlebih, sehingga panas dapat tersebar dengan merata. Kedua fungsi ini dimanfaatkan untuk pengolahan hasil akhir dari limbah rumah tangga. Output *biodrying* dapat dimanfaatkan menjadi briket sebagai bahan bakar. Emisi pembakaran SRF sebagai karbon netral sehingga mereduksi inventarisasi emisi CO<sub>2</sub> penyebab pemanasan global [3][6]

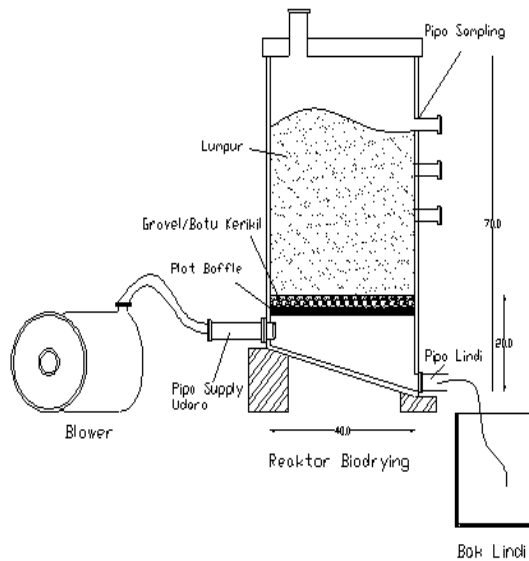
## II. METODE

### A. Penelitian Pendahuluan

Tujuan utama penelitian pendahuluan *biodrying* untuk mendapatkan data analisis proksimasi terutama TDS (*total dry solid*) sebagai dasar penentuan debit udara. Selain itu juga didapatkan data nilai kalor sehingga dapat diketahui *energy content* sampah sebelum *biodrying*. Penentuan debit udara berdasarkan pada TDS sampah organik *biodegradable* dikalikan dengan acuan debit udara dan berat basah sampel

### B. Reaktor

Istilah *biodrying* dibuat oleh seorang wartawan ketika membuat laporan mengenai pengeringan limbah susu. Istilah *biodrying* menunjukkan reaktor biokonversi yang mengolah-

Gambar. 1. Desain reaktor *biodrying*.Tabel 1.  
Temperatur Sampah Tiap Reaktor

Hari	Temperatur (°C)					
	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3	Reaktor 4	Reaktor 5	Reaktor 6
1	35	33	34	36	35	35
2	38	38	38	38	39	39
3	40	39	38	40	40	40
4	39	34	34	36	36	36
5	38	36	33	34	36	37
6	38	37	33	32	37	38
7	35	35	32	33	35	36

sampah, dan proses fisika kimia terjadi dalam reaktor [10]. Reaktor *biodrying* terbuat dari fiberglass dengan kapasitas volume 78,5 L. Reaktor berbentuk tabung dengan diameter 25 cm dan tinggi 40 cm. Indonesia memiliki iklim tropis sehingga reaktor tidak perlu ditambahkan reaktor dalam untuk membantu menjaga temperatur.

Reaktor *biodrying* merupakan perpaduan dari proses fisik dan biokimia. Desain reaktor terdiri dari sistem aerasi, pengadukan serupa dengan komposting [10]. Terdapat enam lubang pada reaktor, tiga lubang untuk *port* sampel, satu lubang untuk aerasi, satu sebagai tempat keluarnya lindi dan satu pada penutup reaktor sebagai ventilasi udara. Masing-masing lubang tersebut berukuran ½ inci, 1 inci, 1 inci dan ¾ inci.

Lubang aerasi pada reaktor dihubungkan dengan pipa yang telah terhubung secara paralel dari pompa blower. Pengukuran debit udara yang diberikan pada tiap material sampah diukur dengan menggunakan alat *airflowmeter*.

Titik sampling terdiri dari 3 lubang, lubang tersebut ditutup dengan plastik sehingga temperatur material sampah terjaga. Lubang lindi berfungsi untuk saluran air lindi yang dihasilkan selama proses berlangsung.

Penelitian *biodrying* terdiri dari enam buah reaktor dengan pemberian variabel waktu tinggal dan debit udara berbeda. Reaktor 1 dan 3 untuk waktu tinggal 7 hari. Reaktor 2 dan 4 untuk waktu tinggal 14 hari. Reaktor 3 dan 6 untuk waktu

tinggal 21 hari. Debit udara tinggi diberikan pada reaktor 1,2 dan 3 sedangkan debit udara rendah untuk reaktor 4,5 dan 6.

### C. Penelitian *Biodrying*

Penelitian *biodrying* terdiri dari dua penelitian. Keduanya menggunakan reaktor yang sama dengan pemberian variabel waktu tinggal dan debit udara yang telah ditentukan. Penelitian pertama menggunakan sampel sejumlah 4,8 kg dengan debit udara rendah yaitu 0,57 L/menit dan debit udara tinggi yaitu 1,13 L/menit dengan waktu tinggal 7 hari. Penelitian kedua menggunakan sampel sejumlah 1,5 kg dengan debit udara rendah 1 L/menit dan debit udara 2 L/menit dengan waktu tinggal 7, 14 dan 21 hari. Temperatur material sampah pada penelitian kedua belum dapat naik hingga optimum sehingga debit udara rendah dari 1 L/menit dinaikkan menjadi 4 L/menit dan debit udara tinggi dari 2 L/menit menjadi 7 L/menit.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pengulangan Penelitian

Penelitian *biodrying* pertama hanya berjalan selama 7 hari. Temperatur maksimum material sampah hanya mencapai 40°C. Selama penelitian timbul belatung dan bau tidak sedap. Debit udara berasal dari penelitian sebelumnya [1] kemudian dikalikan dengan TDS dan berat sampah basah sehingga dihasilkan debit 0,57 L/menit dan 1,13 L/menit. Sampel sampah makanan didapatkan dari rumah makan, selanjutnya jenis sampah lain dipisahkan sehingga tidak mengganggu selama proses *biodrying*. Sampel yang sama digunakan pada enam reaktor dengan masing-masing berjumlah 4,8 kg. Penelitian pertama hanya berjalan 7 hari, selanjutnya dilakukan penelitian kedua dengan tujuan mencapai suhu optimum hingga 60°C.

Penelitian kedua menggunakan sampel sama namun jumlah material reaktor berbeda yaitu 1,5 kg. Penurunan jumlah sampel yang digunakan dimaksudkan agar pengaturan debit udara lebih mudah. Dua hari pertama menggunakan debit udara rendah 1 L/menit dan 2 L/menit dengan waktu tinggal 7,14 dan 21 hari. Dua hari selanjutnya dilakukan peningkatan debit udara untuk meningkatkan temperatur. Namun, temperatur tetap tidak dapat naik dan hanya berkisar antara 28-33°C.

### B. Temperatur

Setiap hari secara berkala dilakukan pengamatan temperatur sampah organik untuk mengetahui proses degradasi zat organik. Berikut data temperatur material penelitian pertama sampah tiap reaktor pada Tabel 1.

Temperatur sampah organik tiap reaktor mulai naik dan perlahan-lahan turun mendekati temperatur udara ambien. Temperatur pada reaktor 4,5 dan 6 rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan reaktor 1,2 dan 3. Perbedaan temperatur dikarenakan pemberian debit udara yang berbeda. Debit udara 1,13 L/menit menyebabkan temperatur lebih tinggi dibandingkan dengan debit udara 0,57 L/menit. Temperatur adalah parameter terjadinya proses eksotermik dan metabolisme respirasi mikroorganisme. Metabolisme mikroorganisme erat kaitannya dengan fraksi organik, sehingga

apabila temperatur semakin tinggi maka proses metabolisme mikroorganisme juga tinggi.

Hari pertama penelitian, belatung mulai keluar dari sampah organik dan mengeluarkan bau tidak sedap. Jumlah belatung pada hari kedua meningkat dan juga bau yang dihasilkan semakin menyengat. Munculnya belatung disebabkan oleh temperatur sampah organik kurang dari 60°C. Sebenarnya, temperatur tinggi akan membunuh bakteri patogen sehingga dihasilkan SRF yang bersanitasi baik. Kenaikan temperatur yang menunjukkan stabilitas dari proses biologis apabila temperatur diatas 55°C selama seminggu sehingga dihasilkan SRF yang higienis. [1]

Saat proses *biodrying* temperatur berpengaruh terhadap proses degradasi. Temperatur berpengaruh pada *biodrying* yang nantinya juga akan berpengaruh pada produk *biodrying* yang ditunjukkan dengan nilai kadar air, ODS (*organic dry solid*), karbon dan abu.

Penelitian kedua pada 7 hari pertama proses *biodrying*, temperatur tertinggi sebesar 33°C dan temperatur terendah 29°C. Temperatur juga tidak berubah secara signifikan hingga hari ke-14. Selama proses *biodrying*, temperatur tidak mengalami perubahan secara signifikan, temperatur hampir menyamai dengan temperatur ambient. Temperatur sampah organik pada hari keenam mulai terjadi penurunan sebesar 1 °C. Pengamatan temperatur agar didapatkan data yang valid, termometer dimasukkan hingga bagian dasar sampah organik. Hal tersebut dimaksudkan agar data temperatur tiap pengamatan dapat mewakili temperatur sampah organik sebenarnya.

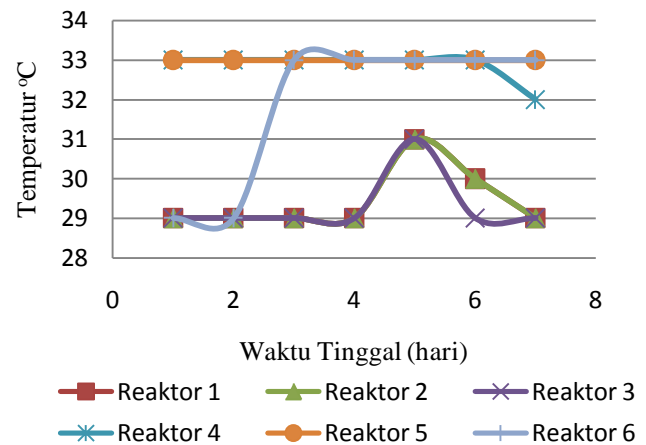
Menurut penelitian *biodrying* sebelumnya oleh [1] temperatur sampah organik naik hingga 10°C hingga temperatur optimum. Kenaikan temperatur selanjutnya naik secara fluktuatif dan temperatur tertinggi hanya pada dua hari awal. Dibandingkan dengan penelitian [1] temperatur dua hari awal penelitian ini tidak mencapai 10°C dari suhu awal. Kenaikan temperatur tertinggi hanya ada pada debit udara 4 L/menit yaitu sebesar 5°C dimana suhu awal 28°C dan suhu dua hari awal sebesar 33°C.

### C. Total Dry Solid (TDS)

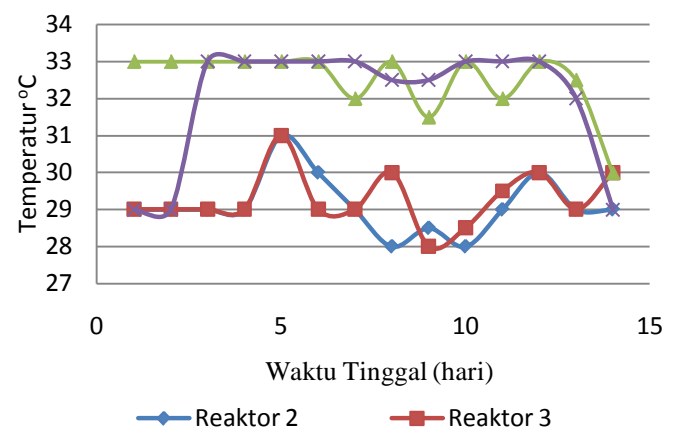
Kada air optimum pada awal proses sistem aerobik adalah 50-60%. [9]. Hal tersebut telah terpenuhi karena kandungan air pada sampah makanan range 50-60%. Grafik 4 menunjukkan grafik regresi yang menunjukkan korelasi waktu tinggal dengan debit udara yang diberikan. Berat yang hilang tergantung dari konsumsi fraksi organik dan air [7]. Kesetimbangan massa menunjukkan total air yang hilang. Pemahaman hilangnya air dipengaruhi oleh temperatur dan debit udara serta perpaduan antara keduanya [4].

Korelasi positif menunjukkan bahwa pada debit udara 4 L/menit ( $R=0,864$ ) dan 7 L/menit ( $R=0,645$ ). Nilai regresi diatas 50%, sehingga menunjukkan bahwa Td dan debit udara berpengaruh terhadap kadar air sampah organik.

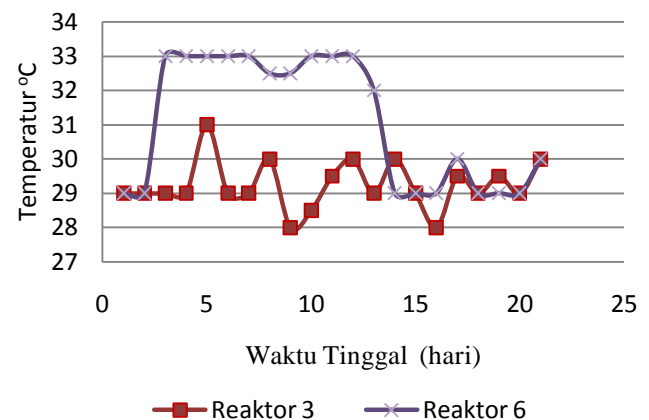
Tabel 2 dan 3 menunjukkan nilai kadar air tiap debit udara berbeda. kadar air dengan debit udara 7 L/menit menunjukkan proses penurunan kelembapan drastis. Kadar air di awal adalah 39,08% pada hari ketujuh menjadi 4,2 %. Kadar air pada debit udara 4 L/menit hari ketujuh menunjukkan penurunan  $\pm 50\%$  menjadi 17,25%.



Gambar. 2. Temperatur sampah waktu tinggal 7 hari.



Gambar. 3. Temperatur sampah waktu tinggal 14 hari.



Gambar. 4. Temperatur sampah waktu tinggal 21 hari.

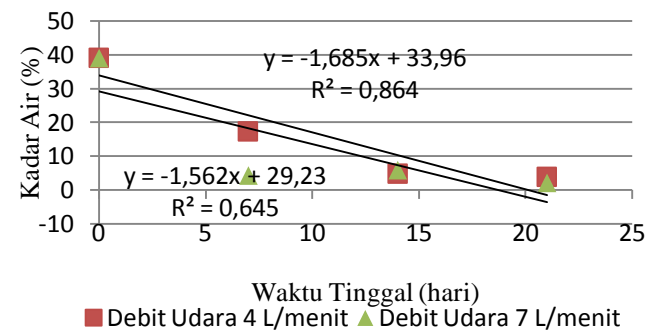
Nilai regresi  $y=-1,685x+33,96$  (debit udara 4 L/menit) menunjukkan bahwa semakin besar waktu tinggal semakin tinggi kadar air yang hilang. Persamaan regresi tersebut menunjukkan bahwa apabila sampah organik (subjek) tidak diberikan treatment apapun maka nilai kadar airnya adalah 33,96%. Koefisien regresi menunjukkan angka minus yang berarti semakin lama waktu tinggal maka semakin berkurang kadar air. Persamaan reaksi tersebut juga sama dengan debit udara 7 L/menit.

Tabel 2.

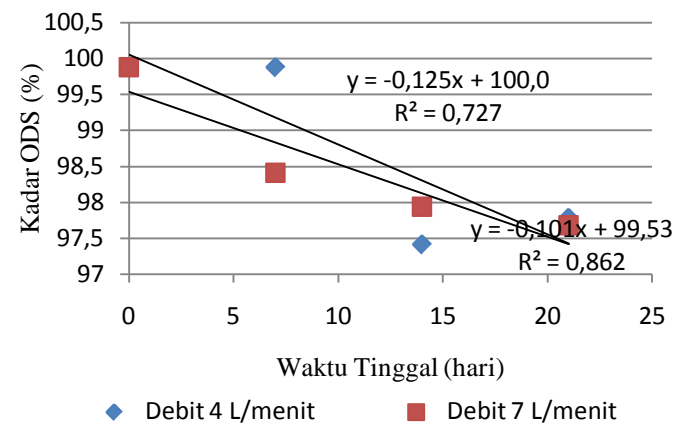
Hasil Uji Laboratorium pada debit udara 4 L/ menit				
Td (hari)	TDS (%)	ODS (%)	Abu (%)	Karbon (%)
0	39,08	99,88	0,11	55,49
7	17,25	99,88	0,11	55,49
14	4,82	97,41	2,58	54,11
21	3,89	97,78	2,21	54,32

Tabel 3.

Hasil Uji Laboratorium pada debit udara 7 L/ menit				
Td (hari)	TDS (%)	ODS (%)	Abu (%)	Karbon (%)
0	39,08	99,88	0,11	55,49
7	4,27	98,41	1,58	54,67
14	5,87	97,94	2,05	54,41
21	2,09	97,68	2,31	54,26



Gambar. 5. Prosentase kadar air.



Gambar. 6. Prosentase ODS.

Poin regresi yang berbeda ditunjukkan oleh grafik trendline pada Gambar 5. Regresi 4 L/menit adalah 0,864 sedangkan 7 L/menit adalah 0,645. Regresi keduanya lebih dari 50% yang menyatakan bahwa debit udara dan waktu tinggal berpengaruh pada sampah organik. Hilangnya air berkorelasi dengan zat organik selama proses degradasi [11].

Hasil akhir sampah organik pada *biodrying* juga menunjukkan angka berbeda. Kadar air hari ke-21 dengan debit udara 7 L/menit adalah 2,09% sedangkan pada 4 L/menit adalah 3,89%. Penyimpangan data terjadi pada hari ke-14 yakni pada debit 7 L/menit (5,87%). Seharusnya kadar air pada waktu tinggal 14 hari <4,27%, namun yang terjadi malah sebaliknya. Naiknya kadar air bisa disebabkan oleh pengambilan sampel pada saat proses biologis terhenti

sehingga air dari udara ambient berpengaruh pada sampah organik.

#### D. Organic Dry Solid (ODS)

Kadar fraksi organik menjadi sumber energi bagi pertumbuhan mikroorganisme. Nutrisi organik menjadi persyaratan sintesis sel. Proses konversi biologis adalah mengubah zat organik menjadi produk sampah yang stabil (bahan bakar). Sampah organik mengandung nutrisi organik dan inorganik yang layak untuk pertumbuhan mikroorganisme. Degradasi fraksi organik sampah pada penelitian ini berfungsi untuk menstabilkan produk SRF, sehingga emisi CO<sub>2</sub> berkurang dan mensterilkan sampah.

Biodrying erat kaitannya dengan pemeliharaan mikroorganisme/bakteri. Nutrisi yang cukup berasal dari sampah organik sehingga menunjang kehidupan bakteri dengan jangka waktu pendek.

Kadar organik kering/ODS (*organic dry solid*) menjadi parameter menurunnya fraksi organik. Ada korelasi positif antara kadar organik dengan kadar air, semakin banyak kadar organik yang hilang menghasilkan destruksi sel membran dan lindi selama proses [2]. Perubahan kadar organik ditunjukkan pada tabel 2 dan 3. Kedua tabel menunjukkan penurunan kadar organik semakin tinggi jika waktu tinggal semakin lama.

Persamaan regresi kadar ODS menunjukkan bahwa variabel debit udara dan waktu tinggal berpengaruh pada kadar ODS sampah organik. Nilai regresi menunjukkan lebih dari 50% yakni 0,727 (debit udara 4 L/menit) dan 0,862 (debit udara 7 L/menit). Persamaan regresi menunjukkan apabila sampah organik tidak dipengaruhi variabel maka kadar ODS adalah 100% (debit udara 4 L/menit) dan 99,53% (debit udara 7 L/menit). Koefisien regresi pada kedua debit udara menunjukkan nilai minus, hal tersebut berarti semakin lama Td maka kadar ODS semakin berkurang. Pengamatan data kadar ODS yang ditunjukkan tabel 2 dan Tabel 3 terjadi penyimpangan data. Data ODS waktu tinggal 21 debit 4 L/menit terjadi penambahan ODS, seharusnya terjadi penurunan. Penambahan ODS dapat disebabkan oleh faktor cuaca yang mempengaruhi proses biologis mikroorganisme. Angka penurunan ODS yang bagus terdapat pada debit udara 7 L/menit. Penurunan terjadi secara teratur yakni dari 99,88% menjadi 97,68%. Berkurangnya kadar organik secara signifikan terjadi pada debit 7 L/menit. Debit udara berpengaruh pada reduksi fraksi organik sampah. Reduksi organik tertinggi yaitu pada debit 7 L/menit dengan rentang kecil apabila dibandingkan dengan debit 4 L/menit.

#### E. Kadar Abu dan Kadar Karbon

Kadar abu adalah zat organik sisa pembakaran suatu bahan organik. Presentase kadar abu dihitung dengan membakar cawan beserta sampel pada furnace dan dibandingkan dengan berat kering. Nilai regresi kedua persamaan menunjukkan bahwa waktu tinggal dan debit udara berpengaruh terhadap kadar abu karena nilainya diatas 50%. Koefisien regresi bernilai positif (0,707x dan 0,877x) menunjukkan bahwa semakin lamawaktu tinggal semakin tinggi kadar abu yang dihasilkan. Apabila sampah organik tidak ditreatment maka nilai kadar abunya yaitu -0,255 (4 L/menit) dan -0,94 (7 L/menit).

Tabel 4.  
Nilai Kalor pada Debit udara 4 L/menit

Td (hari)	Carbon (%)	Nilai Kalor (kal/gr)
0	55.49	5260
7	55.49	4780
14	54.11	4064
21	54.32	3328

Tabel 5.  
Nilai Kalor pada Debit udara 7 L/menit

Td (hari)	Carbon (%)	Nilai Kalor (cal/gr)
0	55.49	5260
7	54.67	4952
14	54.41	4232
21	54.26	4370

Kenaikan nilai kadar abu yang stabil secara berurutan terjadi pada debit 7 L/menit (Tabel 3). Penyimpangan nilai kalor terjadi pada Td 14 debit 4 L/menit. Penyimpangan data terjadi dapat dipengaruhi oleh temperatur ambient ataupun cuaca saat pengambilan data berlangsung. Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa kadar air, ODS, karbon memiliki nilai sebanding dan berkebalikan dengan kadar abu. Fraksi organik yang semakin turun diikuti dengan semakin tingginya kadar abu hasil dari pembakaran.

Karbon adalah salah satu zat organik yang dibutuhkan bakteri sebagai sumber energi. Perbandingan karbon dan nitrogen (rasio C/N) menjadi parameter penting dalam komposting. Berbeda dengan *biodrying* nutrisi atau zat organik termasuk karbon tidak didegradasi keseluruhan. Namun diawetkan sehingga zat organik (karbon) dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Karakteristik pembakaran tergantung dari degradasi zat organik [2]. Persamaan regresi menunjukkan bahwa waktu tinggal dan debit udara berpengaruh terhadap kadar karbon. Nilai regresi kadar karbon diatas 50% yang menunjukkan bahwa variabel berpengaruh. Debit 4 L/menit (0,725) memiliki nilai regresi yang rendah daripada 7 L/menit (0,864). Nilai keefisien menunjukkan angka minus yang berarti semakin lama waktu tinggal kadar karbon semakin berkurang.

#### F. Energy Content

*Energy content* pada sampah organik dapat ditentukan dengan *scale boiler*, bom kalorimeter dan juga perhitungan apabila komposisi elemen diketahui. Alat uji nilai kalor *scale boiler* rumit, sehingga kebanyakan diuji dengan alat bom kalorimeter. Nilai kalor digunakan sebagai indikator kandungan energi yang dimiliki oleh suatu zat. Nilai kalor merupakan energi yang dihasilkan oleh sampah organik saat mengalami pembakaran.

*Biodrying* berfungsi untuk mengeringkan sampah untuk meningkatkan *energy content* sebelum digunakan sebagai energi. Hukum di Italia menyatakan bahwa sampah dapat digunakan sebagai bahan bakar apabila NHV minimumnya sebesar 3489 kal/gr w.w [5]. Perbedaan hasil nilai kalor dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5 *Energy content* pada hari keempatbelas debit udara 7 L/menit lebih tinggi daripada 4 L/menit. Umumnya produk SRF didapatkan setelah proses

*biodrying* berjalan selama dua minggu 14 hari dengan kemampuan mereduksi air  $\pm 40\%$ . Residu sampah dari proses pemilahan dapat dikonversi menjadi energi. Di penelitian ini, *biodrying* menghasilkan material kering stabil dan mengawetkan energi [8]

#### IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Debit udara dan waktu tinggal berpengaruh pada proses degradasi zat organik selama proses *biodrying*.
2. Penelitian pertama dengan debit udara 0,57 L/menit dan 1,13 L/menit menghasilkan temperatur maksimum 40°C sedangkan pada penelitian kedua dengan debit aerasi 4 L/menit dan 7 L/menit menghasilkan temperatur maksimum 33°C.
3. Berkurangnya kelembaban dipengaruhi oleh debit udara yang tinggi. Hal tersebut ditunjukkan pada waktu tinggal 7 hari pada penelitian kedua, debit udara 4 L/menit dan 7 L/menit menghasilkan kadar air berbeda yaitu 17,25% dan 4,25%. Berbeda dengan penelitian pertama dimana debit udara 0,57 L/menit dan 1,13 L/menit menghasilkan kadar air sampah yaitu 22,12% dan 22,98%.
4. Berdasarkan waktu tinggal 14 hari, *energy content* tertinggi pada material dengan debit udara 7 L/menit didapatkan 4952 kal/gram sedangkan untuk debit udara 4 L/menit didapatkan 4064 kal/gram.
5. Belum didapatkan debit udara optimum yang diberikan untuk sampah organik sehingga temperatur dapat mencapai 60°C.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adani, F., Baido, Diego., Calcaterra, E., Genevini, P., 2002. The influence of biomass temperature on biostabilization-biodrying of municipal solid waste. *Bioresource Technology* 83, 173-179.
- [2] Dongqing, Z., Pinjing, H.E., Liming, S., Taifeng, J., Jingyao, H., 2008. Biodrying of Municipal solid waste with high water content by combined hydrolytic-aerobic technology. *Bioresource Technology* 100, 1087-1093.
- [3] Garg, A., Smith, R., Hill, D., Longhurst, P.J., Pollard, S.J.T., Simms, J., 2009. An Integrated Appraisal Of Energy Recovery Options In The United Kingdom using Solid Recovery Fuel Derived from Municipal Solid Waste. *Waste Manage.* 29, 2289-2297.
- [4] Haug, R.T., 1983 *The practical Handbook of Composting Engineering*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- [5] Italian Parliament, 2006. Environmental Legislation D. Lgs. N 52.03/04/2006. G.U.N 88 (14/04/2006) Italian Language.
- [6] Morris, J. 2010. Bury or burn North America MSW LCAs provide answer for climate impacts & carbon neutral power potential. *Environ. Sci. Technol.* 44, 7944-7949.
- [7] Ramona, M., Marco., 2009. Biodrying of Rumanian Municipal Solid Waste An Analysis of Its Viability
- [8] Tambone, F., Scaglia, B., Scotti, S., Adani, F., 2011. Effect of biodrying process on municipal solid waste properties. *Bioresource Technology* 102, 7443-7450.
- [9] Tchobanoglous, G., Theisen, H., A. Samuel., Vigh. 1993 *Integrated Solid Waste Management*. Mc Graw-Hill Book Company, International Edition.
- [10] Velis, C.A., Longhurst, P.J.t, Drew, G.H., Smith, R., Pollard, S.J.T., 2009. Biodrying for mechanical-biological treatment of wastes: a review of process science and engineering.. *Bioresource Technology*, Volume 100 Cranfield University.
- [11] Zhang, D., Zhang, H., Wu, C., Shao, L., He, P., 2011. Evolution of heavy metals in municipal solid waste during bio-drying and implications of their subsequent transfer during combustion. *Waste Management* 31, 1790-1796.